

## KATA PENGANTAR

Syukur puji Tuhan yang telah melimpahkan rahmat dan berkat-Nya, sehingga penulisan skripsi dengan judul *Pengaruh Variasi Luas Tulangan Tumpuan Yang Masuk Ke Lapangan Terhadap Lebar Retak* ini dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Pada saat penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan dukungan, semangat dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada papa dan mama tercinta yang sudah dengan sabar memberikan dukungan, semangat dan doa yang tidak henti-hentinya kepada penulis, abang-abang dan kakakku tersayang yang selalu memberikan semangat, saudaraku Titi yang baik atas dorongan dan semangat yang diberikan kepada penulis. Tidak lupa juga penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bpk. Ir. As'ad Munawir, MT selaku Ketua Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.
2. Bpk. Hendi Bowoputro, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.
3. Bpk. Ir. M. Taufik Hidayat, MT selaku dosen pembimbing skripsi yang sangat membantu dan memberi banyak masukan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bpk. Ir. Wisnumurti, MT selaku dosen pembimbing yang membagikan banyak ilmunya dan sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Ir. Prastumi, MT selaku dosen penguji.
6. Ibu Ir. Edhy Wahyuni S, MT selaku Kepala Lab. Bahan Konstruksi Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
7. Ibu Ir. Siti Nurlina, Mt selaku Kepala Lab. Struktur Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
8. Bpk. Yunus dan Bpk. Sugeng selaku pengurus Lab. Bahan Konstruksi dan Lab. Struktur Jurusan Sipil Universitas Brawijaya yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini.
9. Bapak dan ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil.
10. Teman-teman seperjuanganku dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini: Danang, Deny, Yudi dan Kartika.

- repository.ub.ac.id
11. Teman-teman di Jurusan Sipil terutama teman-teman angkatan 2002 tersayang yang selalu memberikan dorongan, semangat, dan bantuan selama ini.
  12. Saudara-saudaraku di Yehezkiel khususnya 2002 atas segala dukungan, semangat dan doanya.
  13. Teman-teman terbaikku Aede dan Aditomon yang sudah memberikan hiburan dan semangat. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu, kritik dan saran yang bermanfaat serta membangun dari pembaca sangat penulis harapkan.

Malang, Juli 2007

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAKSI	x
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar belakang	1
1.2. Batasan masalah	2
1.3. Rumusan masalah	2
1.4. Tujuan penelitian	2
1.5. Manfaat penelitian	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tinjauan umum	4
2.1.1. Beton bertulang	4
2.1.1.1. Kuat beton terhadap gaya tarik	4
2.1.1.2. Kuat beton terhadap gaya tekan	5
2.1.1.3. Modulus elastisitas	5
2.1.2. Balok terlentur	6
2.2. Keseimbangan gaya – gaya dalam	7
2.2.1. Balok segiempat ekuivalen	8
2.2.2. Analisis balok bertulang tarik saja	9
2.3. Persyaratan kekuatan	10
2.4. Analisis balok persegi bertulang rangkap	10
2.4.1. Analisis kebutuhan tulangan rangkap untuk balok	10
2.4.2. Analisis kuat lentur balok bertulang rangkap	11
2.4.3. Penyaluran tegangan tulangan rangkap	13
2.5. Hubungan tegangan dan regangan	14
2.6. Penggolongan keruntuhan balok tanpa tulangan diagonal	15

2.7. Perilaku keruntuhan balok	16
2.7.1. Tahap beton tanpa retak	16
2.7.2. Tahap beton mulai retak - tegangan elastis	17
2.7.3. Tahap keruntuhan balok - tegangan ultimit	18
2.8. Perilaku retak beton	20
2.9. Pengendalian lebar retak	20
2.10. Tipe – tipe retak	21
2.10.1. Retak beton akibat gaya tarik	21
2.10.2. Retak beton akibat momen	21
2.10.3. Retak beton akibat geser	22
2.10.4. Retak beton akibat torsi	22
2.10.5. Retak beton akibat tegangan lekat	22
2.10.6. Retak beton akibat gaya tekan	23
2.11. Evaluasi lebar retak	23
2.12. Lebar retak ijin	24
2.13. Hipotesis penelitian	25
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Tempat dan waktu penelitian	26
3.2. Alat dan bahan penelitian	26
3.3. Analisa bahan yang digunakan	27
3.3.1. Semen	27
3.3.2. Air	27
3.3.3. Pasir dan kerikil	27
3.3.4. Baja tulangan	27
3.4. Rancangan penelitian	27
3.5. Rancangan balok uji	28
3.6. Diagram alir penelitian	29
3.7. Cara penelitian dan pengujian	30
3.8. Metode pengumpulan data	31
3.9. Variabel penelitian	31
3.10. Analisa data	31
3.10.1. Analisis varian satu arah	31

**BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1. Sifat – sifat bahan penyusun beton bertulang	34
4.1.1. Agregat halus (pasir )	34
4.1.2. Agregat kasar (batu pecah)	34
4.1.3. Baja tulangan	35
4.1.4. Pengujian beton segar	36
4.1.5. Pengujian beton keras	37
4.2. Pengujian kuat lentur beton	37
4.3. Retak yang terjadi pada balok	38
4.4. Pembahasan	44
4.4.1. Pembahasan penelitian	44
4.4.2. Pembahasan retak yang terjadi pada balok	44
4.4.3. Pengujian hipotesis	47

**BAB V. PENUTUP**

5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49

**DAFTAR PUSTAKA**

50

**LAMPIRAN**

51



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Nilai modulus elastisitas beton	14
Tabel 2.2.	Nilai rasio modulus elastisitas	15
Tabel 2.3.	Pengaruh kelangsingan balok terhadap ragam keruntuhan	16
Tabel 2.4.	Toleransi lebar retak beton	24
Tabel 3.1.	Karakteristik benda uji	27
Tabel 3.2.	Variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang masuk ke lapangan	28
Tabel 3.3.	Analisis ragam untuk klasifikasi satu arah	32
Tabel 4.1.	Hasil pengujian agregat halus	34
Tabel 4.2.	Hasil pengujian agregat kasar	35
Tabel 4.3.	Hasil pengujian baja tulangan	35
Tabel 4.4.	Hasil pengujian <i>slump</i>	36
Tabel 4.5.	Hasil uji tekan beton silinder	37
Tabel 4.6.	Variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan pada balok teoritis dan aktual	38
Tabel 4.7.	Perkiraan beban layan atau beban kerja yang terjadi pada balok	38
Tabel 4.8a.	Beban yang diterima pada saat mulai terjadi retak (muka)	40
Tabel 4.8b.	Beban yang diterima pada saat mulai terjadi retak (belakang)	40
Tabel 4.9a.	Beban yang diterima pada saat lebar retak (muka) sudah mencapai atau melebihi $w$ ijin = 0.3 mm	41
Tabel 4.9b.	Beban yang diterima pada saat lebar retak (belakang) sudah mencapai atau melebihi $w$ ijin = 0.3 mm	42
Tabel 4.10a.	Beban yang diterima pada saat lebar retak (muka) sudah mencapai atau melebihi 0.12 mm	42
Tabel 4.10b.	Beban yang diterima pada saat lebar retak (belakang) sudah mencapai atau melebihi 0.12 mm	43
Tabel 4.11a.	Tabel retak maksimum (mm) ( muka )	43
Tabel 4.11b.	Tabel retak maksimum (mm) ( belakang )	44
Tabel 4.12.	Tabel beban layan perhitungan dengan perkiraan beban layan pengujian	45
Tabel 4.13a.	Balok uji yang terlebih dahulu mengalami retak (muka)	45

Tabel 4.13b. Balok uji yang terlebih dahulu mengalami retak (belakang)	45
Tabel 4.14a. <i>Anova</i> satu arah terhadap lebar retak awal (muka)	48
Tabel 4.14b. <i>Anova</i> satu arah terhadap lebar retak awal (belakang)	48



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Modulus sekan beton	5
Gambar 2.2.	Diagram tegangan-regangan tipikal untuk berbagai mutu baja	6
Gambar 2.3.	Distribusi tegangan dan regangan pada balok	8
Gambar 2.4.	Balok ekivalen Whitney	8
Gambar 2.5.	Analisis balok bertulangan rangkap	12
Gambar 2.6.	Bidang-bidang momen batas untuk beban terbagi rata	14
Gambar 2.7.	Diagram tegangan dan regangan pada tahap beton tanpa retak	17
Gambar 2.8.	Diagram tegangan dan regangan pada tahap beton mulai retak - tegangan elastisitas	18
Gambar 2.9.	Diagram tegangan dan regangan pada tahap keruntuhan balok Tegangan ultimit	18
Gambar 2.10.	Diagram momen-kurvatur untuk balok beton bertulang yang mengalami tarik	19
Gambar 2.11.	Retak beton akibat gaya tarik	21
Gambar 2.12.	Retak beton akibat momen	21
Gambar 2.13.	Retak beton akibat geser	22
Gambar 2.14.	Retak beton akibat torsi	22
Gambar 2.15.	Retak beton akibat tegangan lekat	22
Gambar 2.16.	Retak beton akibat gaya tekan	23
Gambar 3.1.	Balok uji	28
Gambar 3.2.	Diagram pengerjaan penelitian	29
Gambar 3.3.	Skema pembebanan	30
Gambar 4.1.	Grafik perbandingan beban layan dengan persentase tulangan	39
Gambar 4.2.	Grafik perbandingan lebar retak maksimum di muka dengan persentase tulangan	46
Gambar 4.3.	Grafik perbandingan lebar retak maksimum di belakang dengan persentase tulangan	46



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Agregat halus	L1-1
Lampiran 2.	Agregat kasar	L2-1
Lampiran 3.	<i>Mix design</i>	L3-1
Lampiran 4.	Uji tarik baja	L4-1
Lampiran 5.	Uji tekan beton silinder	L5-1
Lampiran 6.	Perhitungan Mn	L6-1
Lampiran 7.	Perhitungan beban kerja	L7-1
Lampiran 8.	Uji statistik	L8-1
Lampiran 9.	Tabel retak	L9-1
Lampiran 10.	Grafik hubungan defleksi dengan beban	L10-1
Lampiran 11.	Foto uji balok	L11-1
Lampiran 12.	Foto dokumentasi penelitian	L12-1



## ABSTRAKSI

CHRISTINE REMAYANTI, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2007, *Pengaruh variasi luas tulangan tumpuan yang masuk ke lapangan terhadap lebar retak*. Dosen pembimbing : Ir. M Taufik Hidayat, MT. dan Ir. wisnumurti, MT.

---

---

Beton memiliki sifat kuat terhadap tekan dan lemah terhadap tarik sehingga dalam struktural bangunan, beton diperkuat dengan tulangan baja yang akan membantu beton menahan gaya tarik. Sehingga terjadi kerjasama antara beton dan baja dimana beton yang akan menahan gaya tekan dan baja akan menahan gaya tarik. Dengan adanya kerjasama baja pada beton maka komponen struktur tersebut disebut beton bertulang. Pada bangunan sering digunakan tulangan rangkap yang dapat berfungsi untuk memperkecil lendutan ataupun sebagai pegangan dari tulangan sengkang. Panjang penyaluran tulangan diatur oleh SNI 03 – 2847 - 2002 pasal 14.12 ayat 3 yang mengatakan bahwa paling sedikit sepertiga dari jumlah tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada suatu tumpuan harus ditanamkan hingga melewati titik belok sejauh tidak kurang dari nilai terbesar antara tinggi efektif komponen struktur,  $12d_b$ , atau seperenambelas bentang bersih. Dan tulangan tersebut dapat diteruskan ke lapangan untuk menahan lentur dan tujuan-tujuan lain yang diinginkan perancang.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui serta memberikan informasi mengenai pengaruh yang terjadi pada lebar retak apabila dilakukan penambahan variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang masuk ke lapangan.

Balok uji dibuat dengan menggunakan variasi prosentase luas tulangan tumpuan diberi 2 beban terpusat yang sama besar. Ketika beban semakin bertambah maka akan mulai timbul retak pada balok. Retak yang terjadi diukur dengan menggunakan *microscop crack detector*.

Dengan mengamati dan menganalisis data lebar retak yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang masuk ke lapangan mempengaruhi lebar retak yang terjadi pada balok. Semakin bertambahnya variasi prosentase luas tulangan maka dapat memperkecil lebar retak yang terjadi.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Di dalam suatu struktur, bahan yang sering digunakan adalah kayu, baja dan beton dengan tulang penguat ( beton bertulang ). Beton adalah campuran dari bahan-bahan agregat halus dan kasar dengan menambahkan bahan perekat seperti semen atau air yang membantu dalam proses kimia selama pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Beton memiliki nilai kuat tarik yang relatif rendah dibandingkan dengan nilai kuat tekannya yaitu 9% - 15% dari kuat tekannya ( Istimawan, 1999:1 ). Oleh karena itulah beton sebagai salah satu komponen struktural bangunan diperkuat dengan tulangan baja yang akan membantu beton menahan gaya tarik. Sehingga terjadi kerjasama antara beton dan baja dimana beton yang akan menahan gaya tekan dan baja akan menahan gaya tarik. Dengan adanya kerjasama baja pada beton maka komponen struktur tersebut disebut beton bertulang.

Dibandingkan dengan beton, tulangan baja merupakan material yang berkekuatan tinggi. Tulangan baja tidak hanya dapat menahan gaya tarik tetapi juga dapat menahan gaya tekan pada tempat-tempat yang diinginkan. Hal ini disebut sebagai tulangan rangkap, yaitu komponen struktur yang memakai tulangan tarik dan tulangan tekan. Tulangan tekan yang ditambahkan pada suatu struktur dapat berfungsi untuk mengendalikan lendutan dan sebagai pegangan dari tulangan sengkang yang dipasang pada konstruksi.

Panjang penyaluran tulangan diatur oleh SNI 03 – 2847 - 2002 pasal 14.12 ayat 3 yang mengatakan bahwa paling sedikit sepertiga dari jumlah tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada suatu tumpuan harus ditanamkan hingga melewati titik belok sejauh tidak kurang dari nilai terbesar antara tinggi efektif komponen struktur,  $12d_b$ , atau seperenambelas bentang bersih. Dan tulangan tersebut dapat diteruskan ke lapangan untuk menahan lentur dan tujuan-tujuan lain yang diinginkan perancang.

Bila suatu beton mengalami deformasi dan lendutan yang besar maka akan menimbulkan retak-retak pada beton. Retak-retak ini bukan saja tidak menarik untuk dipandang tetapi juga akan membuat tulangan baja mengalami proses karat karena kelembaban dan aksi kimiawi lainnya. Semakin besar deformasi dan lendutan yang

diterima, maka semakin besar dan panjang pula retak-retak yang akan terjadi. Lebar retak juga dipengaruhi oleh luas diameter tulangan dan jumlahnya.

Sehubungan dengan uraian di atas, maka peneliti ingin mengetahui pengaruh dari variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan terhadap lebar retak yang akan terjadi pada beton.

### 1.2. Pembatasan masalah

Supaya tercapai tujuan dan maksud yang diinginkan, maka dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas, meliputi:

1. Benda uji balok yang digunakan adalah balok persegi.
2. Pengujian dilakukan dengan dua beban terpusat.
3. Benda uji balok yang digunakan adalah balok persegi dengan ukuran 12cm x 20cm x 120 cm.
4. Mutu beton ( $f'c$ ) yang digunakan adalah 25 MPa.
5. Tidak menganalisa kekompositasnya.
6. Tidak memperhitungkan susut dan rangkai.
7. Prosentase luas tulangan tekan yang masuk dari tumpuan ke lapangan dipakai 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%.
8. Kondisi balok tulangan adalah "*under reinforced*".
9. Diameter agregat kasar 10 – 20 mm.
10. Tidak memperhitungkan kekuatan daya lekat beton.
11. Balok tulangan diberi beban sampai runtuh

### 1.3. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti sebagai berikut

1. Bagaimanakah pengaruh variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan terhadap lebar retak ?
2. Berapa beban kerja yang terjadi ketika balok mengalami retak ?

### 1.4. Tujuan penelitian

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk mengetahui serta memberikan informasi kepada pembaca adakah pengaruh variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan terhadap lebar retak.

### 1.5. Kegunaan penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari skripsi ini yaitu untuk mengetahui dan memberikan informasi kepada pembaca mengenai pengaruh variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan terhadap lebar serta memberikan informasi tentang lebar retak yang terjadi pada balok akibat penambahan tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan dengan persentase tulangan yang bervariasi.







## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian dimulai bulan Oktober tahun 2006.

#### 3.2. Alat dan bahan penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu set ayakan dengan *motorized dynamic sieve shaker*.
2. Timbangan sentisimal kekuatan 150 kg.
3. Sendok semen
4. Cetakan balok dengan lebar 12 cm, tinggi 20 cm, panjang 120 cm.
5. Mesin pencampur beton (*concrete mixer*).
6. Alat penguji slump (*kerucut Abrams*).
7. Mesin uji tekan beton.
8. Portal pengujian
9. Rangka pembebanan (*loading frame*).
10. Dongkrak hidrolik (*Hydraulic Jack*).
11. Proving ring pembaca beban.
12. *Microscop crack detector* untuk membaca lebar retak.

Bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Semen Gresik type I (satu)
2. Agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang didapat di pasaran.
3. Air bersih dari PDAM Kota Malang
4. Tulangan baja diameter 6mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm ( $f_y$  didapat dari uji tarik baja)

### 3.3. Analisa bahan yang digunakan

#### 3.3.1. Semen

Semen yang digunakan semen Gresik Type I (satu) dan tidak dilakukan pengujian khusus pada bahan ini.

#### 3.3.2. Air

Air yang digunakan tidak diuji secara khusus (berasal dari air bersih PDAM Kota Malang yang tersedia di laboratorium).

#### 3.3.3. Pasir dan kerikil

Agar kondisinya mendekati keadaan yang sebenarnya dilapangan, maka diusahakan tidak dicuci akan tetapi dijaga dari adanya kotoran organik, lumpur, maupun sampah.

#### 3.3.4. Baja tulangan

Baja tulangan yang digunakan adalah baja yang ada dipasaran yang diuji tarik terlebih dahulu.

### 3.4. Rancangan penelitian

Pembuatan benda uji pada masing-masing perlakuan seperti pada tabel berikut :

**Tabel 3.1. Karakteristik benda uji**

Benda uji	Balok ukuran 12 x 20 x 120 cm				
% luas tulang tekan terhadap luas tulangan tarik	10%	20%	30%	40%	50%
Jumlah benda uji	3	3	3	3	3
Total benda uji	15				

Tahapan-tahapan dalam pembuatan benda uji adalah :

1. Persiapan material dan peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji.
2. Analisa bahan meliputi agregat halus dan kasar.

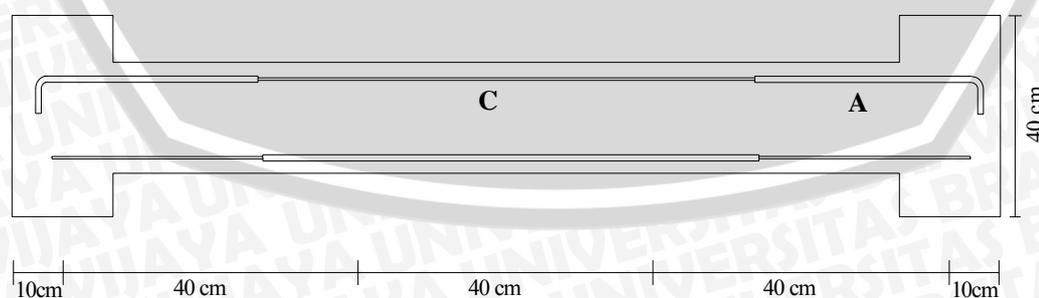
3. Pembuatan cetakan beton (bekisting).
4. Pemasangan tulangan.
5. Pencampuran bahan beton dengan menggunakan mesin pencampur beton (*Concreting Mixer*).
6. Memasukkan campuran adukan beton ke dalam bekisting.
7. Perawatan (*curing*).
8. Pelepasan bekisting.

### 3.5. Rancangan balok uji

Tabel 3.2. Variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang masuk ke lapangan

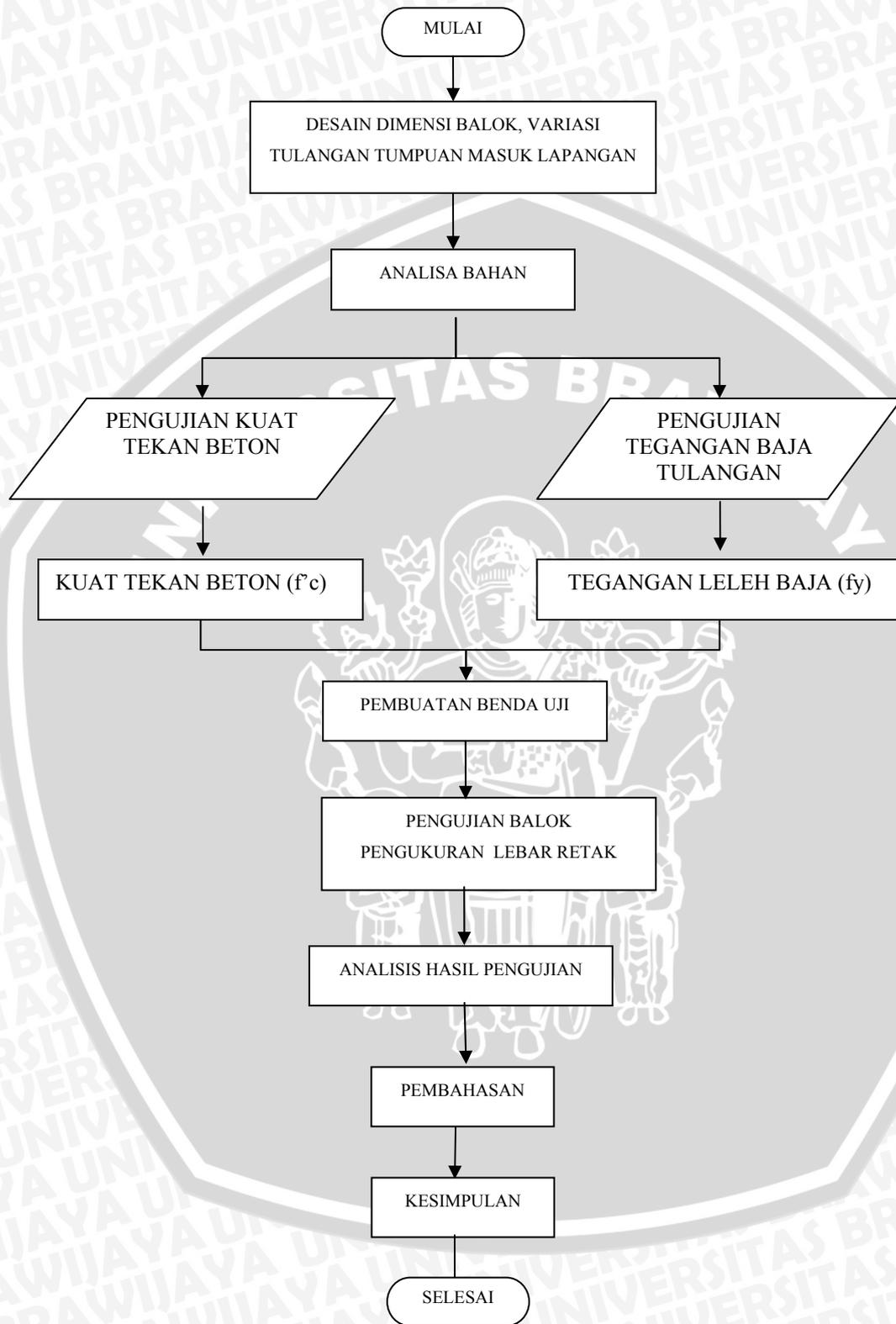
Prosentase ideal	Luas tulangan tarik (A)	Jenis tulangan tarik	Luas tulangan yang masuk (C)	Jenis tulangan yang masuk	Prosentase aktual
10%	297,5 mm <sup>2</sup>	2Ø6 + 3Ø12	42,5 mm <sup>2</sup>	2Ø6	14,3 %
20%	318,75 mm <sup>2</sup>	3Ø6 + 3Ø12	63,75 mm <sup>2</sup>	3Ø6	20 %
30%	300 mm <sup>2</sup>	2Ø10 + 4Ø10	100 mm <sup>2</sup>	2Ø10	33 %
40%	291,25 mm <sup>2</sup>	1Ø6 + 2Ø10 + 2Ø12	121,25 mm <sup>2</sup>	1Ø6 + 2Ø10	41,6 %
50%	271,25 mm <sup>2</sup>	3Ø10 + 1Ø6 + 2Ø10	150 mm <sup>2</sup>	3Ø10	55 %

Balok Uji



Gambar 3.1. Balok uji

### 3.6. Diagram alir penelitian



Gambar 3.2. Diagram pengerjaan penelitian



### 3.8. Metode pengumpulan data

Pengumpulan data benda uji dilakukan dengan membuat benda uji sebanyak 15 balok dengan persentase masuknya tulangan tumpuan ke lapangan yang bervariasi. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan penambahan beban secara bertahap. Adapun dalam pengujian ini pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur lebar retak yang terjadi dan mencatat hasil pengukuran sampai beton mengalami keruntuhan.

### 3.9. Variabel penelitian

1. Variabel bebas (*independent variable*) : variabel yang perubahannya bebas ditentukan peneliti. Dalam penelitian ini variabel bebas adalah persentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan.
2. Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah lebar retak yang terjadi.

### 3.10. Analisa data

Dari data yang diperoleh melalui pengamatan saat pengujian pada saat balok akan mengalami keruntuhan digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penambahan tulangan tumpuan yang masuk ke lapangan pada balok terhadap batas runtuh balok dan seberapa besar penambahan beban yang mampu diterima balok akibat variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan.

#### 3.10.1. Analisis varian satu arah

Untuk memastikan kembali tentang adanya pengaruh dari variasi persentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan, maka diperlukan pengolahan data dan analisis menurut prosedur analisis statistik. Karena perlakuan pada masing – masing benda uji tidak saling mempengaruhi satu dengan lainnya, maka dilakukan analisis varian satu arah

Pernyataan ada tidaknya pengaruh, akan dinyatakan secara statistik sebagai berikut :

- a. Menentukan hipotesis

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1 \neq \dots \neq \mu_k$$

dengan :

$H_0$  : hipotesis awal, yang menyatakan tidak ada pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel tak bebas.

$H_1$  : hipotesis alternatif, yang menyatakan ada pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel tak bebas.

b. Menentukan *level of significant*  $\alpha$

c. Menghitung nilai uji  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{\sigma_m}{\sigma_g} = \frac{\text{Varian between mean}}{\text{Varian within group}}$$

d. Menentukan kriteria pengujian

- Menghitung faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{\left[ \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right]^2}{pn}$$

dimana :  $i = 1, 2, 3, \dots, p$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

- Menghitung  $JK_{total}$ ,  $JK_{antargrup}$ ,  $JK_{dalam grup}$

$$JK_{total} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - FK$$

$$JK_{perlakuan} = \frac{\sum_{i=1}^p \left[ \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} - FK$$

$$JK_{galatperco baan} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$$

**Tabel 3.3. Analisis ragam untuk klasifikasi satu arah**

SK	Db	JK	KT	$F_{hitung}$
Perlakuan	$p-1$	$JK_p$	$KT_p = \frac{JK_p}{(p-1)}$	$\frac{KT_{Perlakuan}}{KT_{G.Percobaan}}$
Galat Percobaan	$\sum_i (n_i - 1)$	$JK_G$	$KT_G = \frac{JK_G}{(p(n-1))}$	
Total		$JK_T$		

e. Menentukan  $F_{\text{tabel}}$

$$F_{\text{tabel}} = F^{\alpha}_{\left\{ (p-1), \left[ \sum_i^p (n_i-1) \right] \right\}}$$

Dari hasil analisis akan didapat nilai  $F_{\text{hitung}}$  yang akan dibandingkan dengan  $F_{\text{tabel}}$  dengan derajat bebas yang sesuai dengan nilai  $\alpha$  tertentu. Jika  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$  berarti  $H_0$  ditolak yang artinya ada pengaruh dari variasi persentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan, dan jika  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$  berarti  $H_0$  diterima yang artinya tidak ada pengaruh dari variasi persentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan.



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Sifat – sifat bahan penyusun balok beton bertulang

Pengujian utama penelitian ini adalah pengujian pembebanan balok dengan 2 beban terpusat yang simetris untuk masing-masing balok. Pengujian lain yang dilakukan untuk melengkapi data meliputi pengujian agregat halus dan agregat kasar, pengujian baja tulangan, pengujian beton segar, pengujian beton keras dan pengujian kuat lentur beton itu sendiri.

##### 4.1.1. Agregat halus (pasir)

Agregat halus berupa pasir yang berasal dari kota Malang. Pengujian yang dilakukan pada agregat halus adalah uji analisis saringan dan uji sifat fisis. Dari hasil analisis saringan didapatkan bahwa pasir tersebut termasuk daerah gradasi nomor 2. Setelah dilakukan uji analisis saringan dan uji sifat fisis didapat hasil pada tabel 4.1

**Tabel 4.1. Hasil pengujian agregat halus**

Keterangan	Hasil Penelitian
Modulus Halus	2,453
Berat Jenis SSD	2,822
Berat Isi (gr/ml)	1,642
Absorpsi (%)	1,626

Sumber : Hasil penelitian dan perhitungan

##### 4.1.2. Agregat kasar (batu pecah)

Agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran 10 mm yang berasal dari kota Malang. Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar adalah uji analisis saringan dan uji sifat fisis. Dari hasil analisis saringan didapatkan bahwa batu pecah tersebut termasuk daerah bergradasi maksimum 20 mm. Setelah dilakukan uji analisis saringan dan uji sifat fisis didapat hasil pada tabel 4.2

**Tabel 4.2. Hasil pengujian agregat kasar**

Keterangan	Hasil Penelitian
Modulus kasar	7,397
Berat Jenis SSD	2,703
Berat Isi (gr/ml)	1,602
Absorpsi (%)	1,523

Sumber : Hasil penelitian dan perhitungan

#### 4.1.3. Baja tulangan

Pemeriksaan tegangan leleh rata-rata baja tulangan dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang. Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar adalah uji tarik baja. Setelah dilakukan uji tarik didapat hasil pada tabel 4.3

**Tabel 4.3. Hasil pengujian baja tulangan**

Diameter (mm)	No	Kekuatan tarik Leleh (fy) (MPa)	fy rata-rata
10.4 (Φ12)	1	317.98	321.90
	2	317.98	
	3	329.76	
8 (Φ10)	1	318.47	325.10
	2	338.37	
	3	318.47	
6.4 (Φ8)	1	311.04	315.88
	2	342.14	
	3	295.49	
5.2 (Φ6)	1	329.72	306.17
	2	306.17	
	3	282.62	

Sumber : Hasil penelitian dan perhitungan

Dari uji statistik keragaman varians data tegangan baja termasuk homogen maka tegangan baja tulangan rata-rata (fy) adalah 317.35 MPa

#### 4.1.4. Pengujian beton segar

Pengujian yang dilakukan pada beton segar adalah pengujian *slump*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekentalan dan kemudahan pengerjaan campuran adukan beton. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pada tabel 4.4

**Tabel 4.4. Hasil pengujian *slump***

No Benda Uji	Slump (cm)
14.3 % (1)	16
14.3 % (2)	9
14.3 % (3)	9
20 % (1)	10.5
20 % (2)	10.5
20 % (3)	10
33 % (1)	9.5
33 % (2)	9
33 % (3)	10.5
41.6 % (1)	10.5
41.6 % (2)	10.25
41.6 % (3)	10
55 % (1)	10
55 % (2)	11
55 % (3)	12

Sumber : Hasil penelitian

Dari tabel 4.4 didapatkan nilai *slump* yang bervariasi, ini disebabkan karena faktor manusia dan kurangnya pengalaman dalam melakukan pengecoran, selain faktor alam yang mempengaruhi. Pada saat pengecoran pasir dan kerikil ditempatkan diluar dan terlalu sering terkena sinar matahari dalam waktu lama yang mengakibatkan kadar air pada masing-masing bahan berkurang. Karena kurangnya pengalaman, kebutuhan air yang didapat dari perhitungan *mix design* untuk tiap-tiap pengecoran dijadikan patokan dan ini sangat berpengaruh pada nilai *slump*.

#### 4.1.5. Pengujian beton keras

Pengujian yang dilakukan pada beton keras adalah pengujian kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari dengan benda uji berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil pada tabel 4.5

**Tabel 4.5. Hasil uji tekan beton silinder**

No benda uji	Kuat tekan ( $f_c$ ) ( $\text{kg/cm}^2$ )	$f_c$ Rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )
14.3%-1	327,32	324.04
14.3%-2	319,51	
14.3%-3	325,29	
20%-1	327,81	337.24
20%-2	338,00	
20%-3	345,93	
33%-1	381,45	374.49
33%-2	327,15	
33%-3	412,15	
41.6%-1	283,65	313.09
41.6%-2	340,27	
41.6%-3	315,36	
55%-1	334,78	332.68
55%-2	337,52	
55%-3	325,74	

Sumber : Hasil penelitian dan perhitungan

Dari uji statistik Keragaman Varians data Uji tekan beton silinder termasuk homogen maka Kuat tekan ( $f_c$ ) rata-rata adalah  $336.13 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.2. Pengujian kuat lentur beton

Pengujian kuat lentur beton adalah pengujian pembebanan balok dengan 2 beban terpusat yang simetris untuk masing-masing balok dengan jarak 40 cm dan 80 cm dari ujung balok. Uji pembebanan dibangkitkan oleh dongkrak hidrolik, balok berdimensi sama yaitu  $12 \times 20 \times 140 \text{ cm}$  diuji dengan jarak antar tumpuan 120 cm. Balok dikelompokkan dalam 5 golongan dengan variasi prosentase luas tulangan tumpuan

yang diteruskan ke lapangan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.6. Pengujian dilakukan setelah berumur 28 hari, pengujian ini untuk mendapatkan besarnya kapasitas beban nominal ( $P_n$ ) pada balok dengan melakukan penambahan beban secara bertahap. Sehingga dapat diketahui beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji. Hasil pengujian balok dapat dilihat pada bagian lampiran.

**Tabel 4.6 Variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan pada balok teoritis dan aktual**

Benda uji	Balok ukuran 12 x 20 x 140 cm				
	10%	20%	30%	40%	50%
Rencana	10%	20%	30%	40%	50%
Aktual	14.3%	20%	33%	41.6%	55%
Jumlah benda uji	3	3	3	3	3
Total benda uji	15				

Sumber : Hasil perhitungan

### 4.3. Retak yang terjadi pada balok

Pada saat dilakukan pengujian kuat lentur balok, beban yang diberikan semakin lama semakin bertambah sehingga pada akhirnya balok mulai mengalami retak. Beban yang terjadi pada saat mulai retak ini disebut sebagai beban layan atau beban kerja. Semakin besar beban yang diterima oleh beton maka semakin lebar dan jumlah retak semakin bertambah pula. Tabel retak yang terjadi pada masing-masing balok dapat dilihat pada bagian lampiran.

Retak yang terjadi pada balok diakibatkan oleh beban dan adanya lendutan. Dengan adanya grafik hubungan beban dan lendutan maka dapat diketahui taraf praretak, taraf pascaretak dan taraf pasca-serviceability. Grafik tersebut dapat dilihat pada lampiran. Melalui grafik tersebut, maka dapat diketahui pula perkiraan beban layan atau beban kerja yang terjadi pada balok.

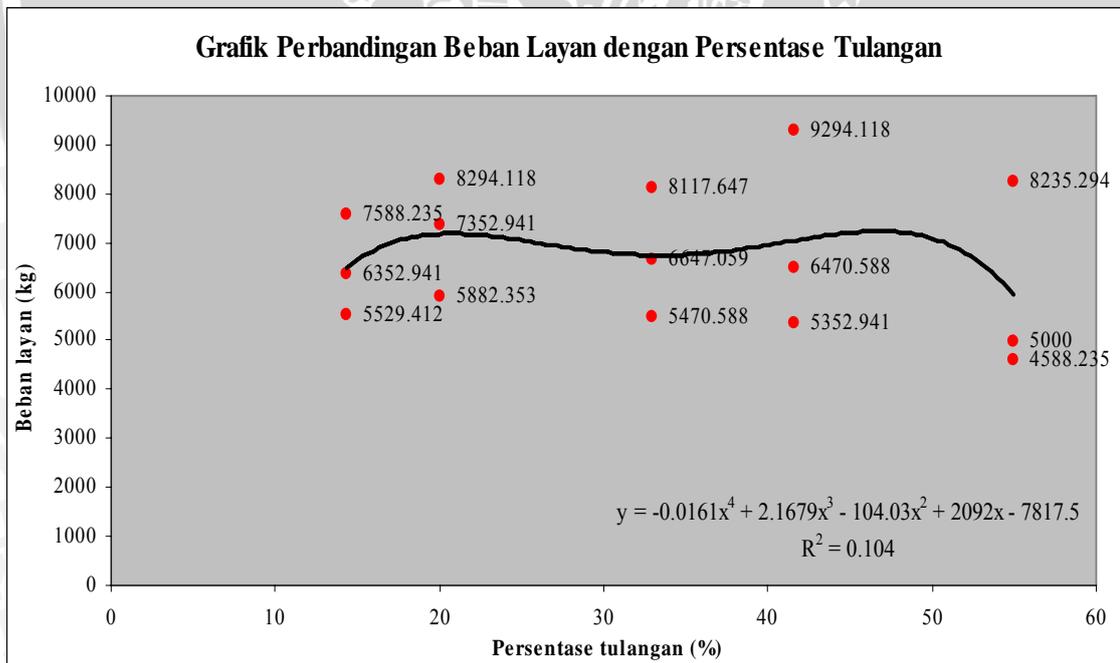
**Tabel 4.7. Perkiraan beban layan atau beban kerja yang terjadi pada balok**

Persentase balok (%)	Perkiraan beban layan (kg)
14,3 (1)	1056 – 7588,235
14,3 (2)	1848 – 5529,412
14,3 (2)	1056 – 6352,941
20 (1)	1320 – 8294,118

Persentase balok (%)	Perkiraan beban layan (kg)
20 (2)	1584 - 7352,941
20 (3)	1848 - 5882,353
33 (1)	1584 - 6647,059
33 (2)	2112 - 8117,647
33 (3)	1848 - 5470,588
41,6 (1)	1584 - 6470,588
41,6 (2)	1848 - 5352,941
41,6 (3)	1056 - 9294,118
55 (1)	1848 - 4588,235
55 (2)	1584 - 8235,294
55 (3)	1320 - 5000

Sumber : Grafik hubungan beban dengan lendutan

Dengan adanya perkiraan beban layan maka dapat dibuat grafik hubungan antara beban layan dengan persentase tulangan. Pada grafik ini digunakan beban layan terbesar, misalnya pada balok 14,3% (1) dengan beban layan 1056 kg – 7352,941 kg maka diambil 7611,111 kg. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1.



sumber grafik : hasil perhitungan

**Gambar 4.1. Grafik perbandingan beban layan dengan persentase tulangan**

Lebar retak diperoleh dengan cara mengukur lebar retak yang terjadi pada balok dengan menggunakan *microscop crack detector* yaitu alat pengukur besarnya lebar retak yang terjadi.

**Tabel 4.8a. Beban yang diterima pada saat mulai terjadi retak (muka)**

Persentase tulangan (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
14.3 (1)	1056	0.12
14.3 (2)	1848	0.06
14.3 (3)	1056	0.04
20 (1)	1320	0.08
20 (2)	1584	0.04
20 (3)	1848	0.08
33 (1)	1584	0.24
33 (2)	2112	0.04
33 (3)	1848	0.12
41.6 (1)	1584	0.04
41.6 (2)	1848	0.06
41.6 (3)	1056	0.06
55 (1)	1848	0.04
55 (2)	1584	0.04
55 (3)	1320	0.06

Sumber : tabel lebar retak yang terjadi

**Tabel 4.8b. Beban yang diterima pada saat mulai terjadi retak (belakang)**

Persentase balok (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
14.3 (1)	1056	0.1
14.3 (2)	1848	0.06
14.3 (3)	1056	0.09
20 (1)	1320	0.08
20 (2)	1584	0.1
20 (3)	1848	0.06
33 (1)	1848	0.2
33 (2)	2112	0.08
33 (3)	1848	0.12
41.6 (1)	1584	0.04
41.6 (2)	1848	0.06
41.6 (3)	792	0.1

Persentase balok (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
55 (1)	1584	0.02
55 (2)	1584	0.02
55 (3)	1320	0.06

Sumber : tabel lebar retak yang terjadi

SNI-03-2847-2002 pasal 12.6 ayat 4 mengatakan bahwa nilai lebar retak yang diperbolehkan tidak boleh melebihi 0.4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0.30 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. Peneliti mengambil lebar retak (w) yang diijinkan sebesar 0.3 mm.

**Tabel 4.9a. Beban yang diterima pada saat lebar retak ( muka ) sudah mencapai atau melebihi w ijin = 0.3 mm**

Persentase balok (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
14.3 (1)	8184	0.5
14.3 (2)	2376	0.3
14.3 (3)	6336	0.4
20 (1)	7392	0.7
20 (2)	8448	0.7
20 (3)	7656	0.36
33 (1)	7128	0.5
33 (2)	7656	0.8
33 (3)	8184	0.6
41.6 (1)	8184	0.8
41.6 (2)	6336	1.2
41.6 (3)	5280	0.6
55 (1)	9240	1.4
55 (2)	8712	0.5
55 (3)	2640	0.3

Sumber : tabel lebar retak yang terjadi

**Tabel 4.9b. Beban yang diterima pada saat lebar retak ( belakang ) sudah mencapai atau melebihi  $w$  ijin = 0.3 mm**

Persentase tulangan (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
14.3 (1)	8184	0.5
14.3 (2)	5808	0.7
14.3 (3)	5544	0.3
20 (1)	8976	1
20 (2)	10032	0.4
20 (3)	8448	0.4
33 (1)	6072	0.4
33 (2)	6336	0.6
33 (3)	8184	0.6
41.6 (1)	7656	0.3
41.6 (2)	6336	1.6
41.6 (3)	3960	0.6
55 (1)	5544	0.3
55 (2)	10032	0.6
55 (3)	4752	0.4

Sumber : tabel lebar retak yang terjadi

Dengan mengambil lebar retak awal yang terbesar yaitu pada balok 14.3%(1) (muka) dengan lebar retak 0.12 mm pada saat pembebanan yang diterima sebesar 1056 kg maka dibuat tabel untuk mengetahui besar beban yang diterima balok ketika mendekati atau melewati lebar retak 0.12 mm.

**Tabel 4.10a. Beban yang diterima pada saat lebar retak ( muka ) sudah mencapai atau melebihi 0.12 mm**

Persentase balok (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
14.3 (1)	1056	0.12
14.3 (2)	2376	0.3
14.3 (3)	6336	0.4
20 (1)	4752	0.16
20 (2)	7128	0.24
20 (3)	5544	0.12
33 (1)	1584	0.24
33 (2)	7392	0.2

Persentase balok (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
33 (3)	1848	0.12
41.6 (1)	5544	0.2
41.6 (2)	3168	0.16
41.6 (3)	5280	0.6
55 (1)	9240	1.4
55 (2)	8712	0.5
55 (3)	2640	0.3

Sumber : tabel lebar retak yang terjadi

**Tabel 4.10b. Beban yang diterima pada saat lebar retak ( belakang ) sudah mencapai atau melebihi 0.12 mm**

Persentase tulangan (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
14.3 (1)	3960	0.12
14.3 (2)	2376	0.24
14.3 (3)	5544	0.3
20 (1)	4224	0.24
20 (2)	8448	0.24
20 (3)	5544	0.24
33 (1)	1848	0.2
33 (2)	4224	0.12
33 (3)	1848	0.12
41.6 (1)	5544	0.2
41.6 (2)	5544	0.2
41.6 (3)	2640	0.2
55 (1)	5544	0.3
55 (2)	3696	0.12
55 (3)	2376	0.24

Sumber : tabel lebar retak yang terjadi

**Tabel 4.11a. Lebar retak maksimum (mm) ( muka )**

no	%	14.3	20	33	41.6	55
1		2.8	2.2	2.4	2.8	2.6
2		2.8	2	1.8	2.4	1.4
3		1.9	2.6	1.6	2	2.2

**Tabel 4.11b. Lebar retak maksimum (mm) ( belakang )**

No	%	14.3	20	33	41.6	55
1		2.6	2.6	1.6	2.8	2.8
2		3.6	2	2	3.2	1.6
3		1.2	2	2	2.2	2

#### 4.4. Pembahasan

Dari data yang didapatkan dari hasil pengamatan dan perhitungan maka untuk tiap-tiap perilaku akan dibahas sesuai dengan tujuan.

##### 4.4.1. Pembahasan penelitian

Pada saat penelitian dilakukan terjadi rotasi pada balok. Rotasi yang terjadi sangat kecil sedangkan penelitian dirancang untuk kondisi tumpuan jepit-jepit, padahal semua perencanaan baik dimensi balok, tulangan kolom dan pemasangan *loading frame* sudah mengacu ke tumpuan jepit sempurna. Pada dimensi balok yaitu pada kolom (tumpuan) dimensinya sama dengan badan balok, pemasangan tulangan balok sudah dibengkokkan ke tumpuan dan kolom (tumpuan) juga dipasang tulangan vertikal. Pemasangan balok pada *loading frame* juga mengacu pada tumpuan jepit sempurna seperti dipakainya 4 pengaku horisontal di badan balok dan di *frame* tengah dan pemasangan 4 pengaku pada kolom dengan harapan agar tidak terjadi rotasi pada balok saat diberikan pembebanan. Rotasi yang terjadi walaupun kecil menyebabkan balok tidak lagi dalam rencana semula yaitu kondisi tumpuan jepit-jepit. Terjadinya rotasi dan perubahan kondisi tumpuan dapat disebabkan oleh karena kurangnya perencanaan pengaku yang digunakan pada saat pemasangan balok pada *loading frame*.

Retak yang terjadi pada saat penelitian umumnya adalah retak lentur geser, sedangkan perencanaannya adalah nantinya balok akan mengalami runtuh lentur. Padahal perencana telah memberikan perkuatan pada gesernya dengan penambahan sengkang dengan jarak 4 cm. Terjadinya perubahan kondisi retak pada saat penelitian diduga disebabkan oleh *human error* karena unsur bentang pada dimensi balok diabaikan dan hanya mengacu pada keruntuhan balok dari kondisi *under reinforced* yang akan berakibat keruntuhan lentur.

##### 4.4.2. Pembahasan retak yang terjadi pada balok

Dari tabel 4.7 dapat diketahui perkiraan beban layan yang terjadi pada saat pengujian dilakukan. Dengan melakukan uji statistik keragaman varians data perkiraan

beban layan yang terjadi termasuk homogen maka perkiraan beban layan rata-rata adalah 6678.431 kg. Beban layan juga dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan yang dapat dilihat pada lampiran sehingga dapat dibuat tabel beban layan perhitungan dengan beban layan pengujian.

**Tabel 4.12. Tabel beban layan perhitungan dengan perkiraan beban layan pengujian**

Persentase tulangan (%)	Beban layan perhitungan (kg)	Perkiraan beban layan pengujian (kg)
14.3	10421.465	6490.196
20	10440.526	7176.471
33	10464.981	6745.098
41.6	10430.305	7039.216
55	10478.519	5941.176

Sumber : hasil perhitungan

Beban layan yang terjadi baik yang diperoleh melalui perhitungan maupun melalui pengujian memiliki besar beban layan yang tidak jauh berbeda pada masing-masing persentase tulangan. Hal ini disebabkan karena luasan tulangan pada balok uji tidak jauh berbeda satu sama lain sehingga mengakibatkan beban layan yang diterima juga tidak jauh berbeda.

Dari tabel 4.8a dan tabel 4.8b dapat diketahui pada balok uji yang mana serta dengan berapa besar beban yang terjadi ketika terjadi retak awal.

**Tabel 4.13a. Balok uji yang terlebih dahulu mengalami retak (muka)**

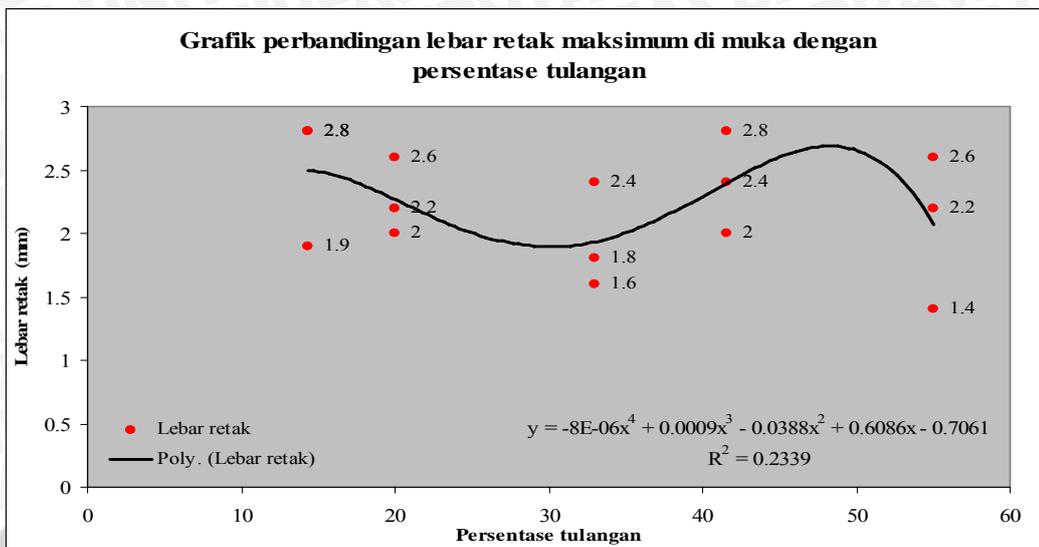
Persentase balok (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
14.3 (1)	1056	0.12
14.3 (2)	1056	0.04
41.6 (3)	1056	0.06

Sumber : tabel lebar retak yang terjadi

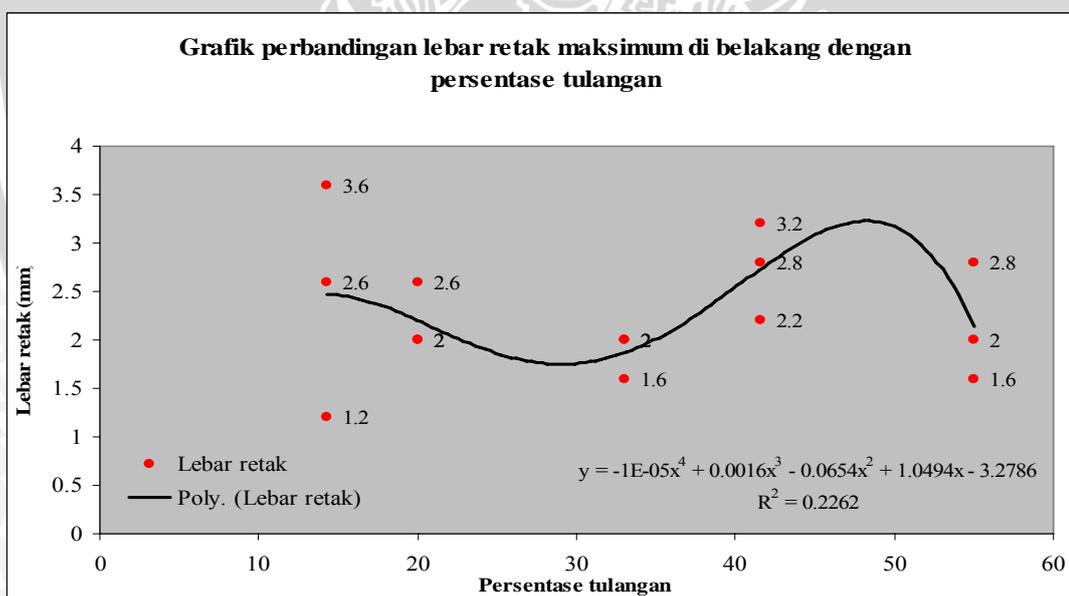
**Tabel 4.13b. Balok uji yang terlebih dahulu mengalami retak (belakang)**

Persentase balok (%)	Beban (kg)	Lebar retak (mm)
14.3 (1)	1056	0.1
14.3 (3)	1056	0.09
41.6 (3)	792	0.1

Dari tabel 4.11 dapat dibuat grafik hubungan persentase luas tulangan dengan lebar retak maksimum.



Gambar 4.2. Grafik perbandingan lebar retak maksimum di muka dengan persentase tulangan



Gambar 4.3. Grafik perbandingan lebar retak maksimum di belakang dengan persentase tulangan

Dari kedua grafik di atas dapat diketahui bahwa balok uji dengan persentase tulangan 33% mengalami lebar retak maksimum yang paling kecil.

Tabel 4.13 dibuat dengan data-data balok uji yang paling awal mengalami retak dibandingkan dengan balok uji yang lainnya. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa balok uji dengan persentase 14.3% merupakan balok yang paling sering mengalami retak awal. Sedangkan yang paling terakhir mengalami retak awal adalah balok 33% (2) pada saat pembebanan sebesar 2112 kg. Dan dari tabel 4.9 dapat diketahui bahwa balok uji dengan persentase 14.3% (2) mengalami retak ijin terlebih dahulu dibandingkan dengan balok uji yang lainnya dengan pembebanan sebesar 2376 kg. Balok uji dengan persentase 41.6% (1) mencapai retak ijin lebih lama dari pada balok uji yang lainnya yaitu pada saat pembebanan sebesar 7656 kg.

Dari tabel 4.10 dengan menggunakan balok uji 14.3% (1) dengan pembebanan sebesar 1056 kg dan lebar retak 0.12 yang digunakan sebagai pembanding maka dapat diketahui kapan balok uji yang lain mencapai lebar retak 0.12 mm. Pengambilan balok uji 14.3% (1) sebagai dasar pembanding hanyalah merupakan karena pembacaan retak pertama dilakukan pada balok uji tersebut. Pada saat balok uji 14.3% (1) menerima beban sebesar 1056 kg timbul lebar retak sebesar 0.12 mm sedangkan balok 20% (3) baru mencapai lebar retak tersebut ketika menerima beban sebesar 5544 kg dan balok 30% (3) mencapai lebar retak 0.12 mm pada saat pembebanan sebesar 1848 kg. Balok 41.6% (2) dengan beban sebesar 3168 kg mengalami lebar retak 0.16 mm dan balok 55% (2) mengalami lebar retak 0.12 mm pada saat menerima beban sebesar 3696 kg.

Pada balok uji walaupun memiliki persentase luas tulangan yang sama akan tetapi mengalami lebar retak dan pembebanan saat retak yang cukup berbeda satu sama lain. Hal ini disebabkan karena bahan campuran beton yang kurang mendapat perawatan dan tidak dilakukan penelitian ulang untuk analisa bahan campuran beton serta mutu beton ada yang lebih rendah dimasing-masing balok, namun telah dilakukan uji statistik dan hasilnya homogen sehingga tiap-tiap balok dapat perlakuan sama dari mutu beton.

#### 4.4.3. Pengujian hipotesis

Dari data pengujian yang diperoleh, selanjutnya untuk lebar retak yang terjadi dilakukan pengujian hipotesis untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan kelapangan terhadap lebar retak pada balok. Pengujian hipotesis ini menggunakan analisis varian satu arah.

Pernyataan ada tidaknya pengaruh tersebut secara statistik dinyatakan dengan :

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1 \neq \dots \neq \mu_k$$

dengan :

$H_0$  :hipotesis awal, yang menyatakan tidak ada pengaruh dari variasi persentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan kelapangan.

$H_1$  :hipotesis alternatif, yang menyatakan ada pengaruh dari variasi persentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan kelapangan.

Dari analisis didapat hasil sebagai berikut:

**Tabel 4.14a. Anova satu arah terhadap lebar retak awal (muka)**

Source of Variation	SS	df	MS	F hitung	P-value	F tabel
Between Groups	0.01424	4	0.00356	1.405263	0.300941	3.47805
Within Groups	0.025333	10	0.002533			
Total	0.039573	14				

Sumber : Hasil perhitungan

$$F_{hitung} = 1.405263$$

$$F_{tabel} = 3.47805$$

**Tabel 4.14b. Anova satu arah terhadap lebar retak awal (belakang)**

Source of Variation	SS	df	MS	F hitung	P-value	F tabel
Between Groups	0.015627	4	0.003907	3.237569	0.060018	3.47805
Within Groups	0.012067	10	0.001207			
Total	0.027693	14				

Sumber : Hasil perhitungan

$$F_{hitung} = 3.237569$$

$$F_{tabel} = 3.47805$$

Berdasarkan analisa statistik diatas didapatkan bahwa  $F_{hitung} < F_{Tabel}$ , ini menunjukkan bahwa  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan terhadap lebar retak balok.



## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil pengamatan dan analisis dari data lebar retak yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh dari penambahan variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan terhadap lebar retak. Semakin besar penambahan variasi prosentase luas tulangan maka dapat terjadi retak yang kecil. Dari data yang diperoleh balok uji dengan prosentase 14.3% adalah balok yang pertama kali mengalami retak (awal) dan mengalami retak maksimum yang terbesar serta mencapai retak ijin terlebih dahulu. Balok uji dengan prosentase 55% adalah balok yang terakhir kali menerima retak awal serta mengalami retak maksimum yang kecil. Akan tetapi balok uji 33% juga mengalami peristiwa yang tidak jauh berbeda dengan balok 55%, sehingga balok uji 33% memiliki sifat-sifat struktur yang sama dengan balok uji 55%. Dapat diambil kesimpulan bahwa balok 33% adalah balok yang paling aman dan efisien.
2. Pada penelitian ini beban kerja yang terjadi ketika balok 14.3% mengalami retak adalah 1056 kg – 5529.412 kg, sedangkan beban kerja pada balok 55% adalah 1848 kg – 8235.294 kg.

### 5.2. Saran

Berikut ini beberapa saran setelah melaksanakan penelitian tentang variasi prosentase luas tulangan tumpuan yang diteruskan ke lapangan terhadap lebar retak, dengan harapan dapat melengkapi penelitian ini.

1. Perlu adanya pengendalian mutu beton mulai dari perawatan bahan-bahan campuran beton sampai proses *curing* yang sesuai prosedur sehingga bisa didapatkan mutu beton yang seragam dari masing – masing benda uji
2. Perlu adanya perhitungan pengaku yang lebih akurat sehingga dapat menahan rotasi yang terjadi ketika balok menerima beban.
3. Perencanaan yang lebih akurat baik dalam penentuan balok uji maupun dalam pengujian sehingga dapat menciptakan kondisi jepit-jepit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mosley, W. H dan Bungle, J. H. 1989. *Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan dasar*. Bandung: PT ERESCO.
- Vis, W.C and Kusuma, Gideon. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang (Berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03) Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Salmon, Charles G dan Chu-Kia Wang. 1993. *Disain Beton Bertulang (Edisi Keempat)*. Jakarta : Erlangga.
- McCormac, Jack C. 2004. *Desain Beton Bertulang ( Edisi Kelima )*. Jakarta : Erlangga.
- Leet, Kenneth M. 1997. *Reinforced Concrete Design 3<sup>rd</sup> Edition*. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Macgregor, James G. 1997. *Reinforced Concrete Mechanics and Design 3<sup>rd</sup> Edition*. Prentice-Hall, Inc.
- Perdana, Danang Heradi. 2007. *Skripsi Pengaruh Variasi Prosentase Luas Tulangan Tumpuan Yang Masuk Ke Lapangan Terhadap Batas Runtuh Balok*. Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. .

**PENGARUH VARIASI PROSENTASE LUAS TULANGAN  
TUMPUAN YANG MASUK KE LAPANGAN TERHADAP LEBAR  
RETAK**

**USULAN SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar sarjana teknik



Diajukan oleh :

**CHRISTINE REMAYANTI**

**0210610017**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN SIPIL**

**2006**